

**РЕЦЕНЗИЯ**

**От:** доц. д-р Елена Дититрова Ташева-Терзиева, Биологически факултет, СУ „Св. Климент Охридски”, член на Научно жури, съгласно заповед №104/22.11.2019

**На:** дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор” по професионално направление 4.3. Биологически науки, специалност "Екология и опазване на екосистемите"

**Автор:** Цветелина Станкева Терзийска, отдел "Растително и гъбно разнообразие и ресурси", Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, БАН

**Тема:** „Прилагане на методи с висока резолюция за екологичен анализ на тревни съобщества“

**Научни ръководители:** проф. д-р Ива Апостолова-Керестеджян, проф. д-р Шандор Барга

**Кратки данни за дисертанта.**

Цветелина Терзийска е завършила бакалавърска степен по Екология и опазване на околната среда в СУ „Св. Климент Охридски“ и магистърска степен по Ботаника (висши растения) с разработка на дипломна работа на тема: „Инвентаризация на флората в околностите на Рилски манастир“. От 2014 г. е редовен докторант в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания на БАН, секция „Флора и растителност“ на отдел „Растително и гъбно разнообразие и ресурси“. По време на докторантурата, работи по девет научни проекти. Има 5 публикации и седем участия в международни научни конференции. Образователната ѝ програма включва курсове по „Ботаническа номенклатура“, „Въведение в изследователската работа“, „Статистически методи в екологията“ и компютърен курс по „Статистическа обработка на данни“. Цветелина Терзийска владее английски и руски език. Има задълбочени умения за работа със специализиран софтуер като Cannoso, Juice, Turboveg, Staistica и много други, които използва в изследователската си работа.

**Обща характеристика на дисертационния труд – обем и структура**

Целта на дисертационния труд е провеждане на комплексни екологични изследвания при използване на методи с висока резолюция за разкриване на пространствената организация, моделите на доминиране и функционалното

разнообразие на две високопланински тревни съобщества - с високо обилие на *Nardus stricta* и с присъствие на *Vaccinium* spp.

Изследванията са направени в района на Беклемето в Национален парк Централен Балкан, на територия с дълга история на силен пасищен натиск и намаляване на интензивността на пашата в последните десетилетия.

Дисертацията е написана на английски език, на общо 94 страници. Тя съдържа следните глави: Въведение – 2 стр.; Литературен обзор – 8 стр.; Обосновка, цел и изследователски въпроси – 2 стр.; Методи – 22 стр.; Резултати и обсъждане – 36 стр. ; Основни изводи – 2 стр.; Общи приноси – 1 стр.; Благодарности – 1 стр. и Литература – 17 стр. Главите са добре структурирани, основните резултати са представени в 11 таблици, в заключение са обобщени 13 извода и са формулирани приносите. Дисертацията е онагледена с общо 13 фигури, включващи карта на района, схема на опита, 3 снимки на пробна площадка, грид и трансект, както и 8 графики.

#### **Литературна осведоменост и теоретична подготовка на кандидата**

Списъкът с цитираните научни публикации включва общо 221 заглавия, от които 216 на латиница и 5 на кирилица. Литературният обзор е разделен тематично на четири части - концепция за формиране на съобществата, методи с висока резолюция, компоненти на биоразнообразието и предишни изследвания в района. В него дисертантката е представила синтезирано основна литература относно ключови концепции в екологията на съобществата и оценката на видовото, пространствено и функционално разнообразие. Особено внимание е обърнато на литературните източници по отношение на методите с висока резолюция, принципите на които се основават, тяхното развитие и приложение. Резюмирани са изследванията върху растителността в района от 40те години на миналия век досега и публикуваната информация за видовете, определящи двете избрани съобщества. Много добро впечатление прави задълбочената дискусия, аналитичността в интерпретацията на резултатите на фона на известните в науката факти и закономерности и критичното сравнение с литературните данни. Това говори за добра литературна осведоменост и теоретична подготовка на докторантката.

#### **Методичен подход**

Дизайнът на теренните изследвания е добре планиран, с оглед изпълнение на поставените задачи. В шест локалитета са избрани полигони с размери 50x50 m за двата типа съобщества. Вътре в полигоните са определени на случаен принцип по 3

площадки с размери 4x4m; по 5 площадки (гридове) с размери 0.5x0.5 m, разделени на 100 микроквдрата по 0.05x0.05 m и трансект с дължина 52 m и широк 0.05 m, очертаващ правоъгълник с размери 20x6 m.

Събрани са данни за видовия състав и проективното покритие (в %) на видовете в отделните извадъчни единици и изчислена честотата на срещане. Информация за избраните функционалните характеристики, а именно максимална височина на надземната част на растенията (H), специфична листна повърхност (SLA) и маса на семената (SM) на установените видове е взета от бази-данни TRY, LEDA, Royal Botanic Gardens Kew, както и Флора на Република България. Тя е допълнена със собствени измервания за 15 вида от събрани на терен извадки с по 5 растения.

Анализът на данните включва широк спектър на биостатистически методи и техники, основани на информационната теория, компютърни симулации и моделиране:

✓ Оценка на видовото разнообразие. Богатството на видове е представено с общия брой установени видове в извадъчните единици; като показател за видово разнообразие, който отчита „изравнеността“ на видовете по обилие е избран индекса на Simpson (Simpson's Reciprocal Index  $1/D$ ); изчислен е и индекса на Shannon, основан на информационната теория.

✓ Оценка на функционалното разнообразие. Оценката на изследваните функционални характеристики на извадъчните единици е направена чрез „sample unit weighted mean“ (SWM), с коефициент на тежест относителното обилие и при предварително стандартизиране на данните. Индексът RaoQ (Rao's quadratic entropy index) служи за показател на функционалното разнообразие.

✓ Мерки за сходство и разстояние. Избраната мярка за сходство по количествени данни е индекса на Bray-Curtis, а при отчитане присъствие/отсъствие на видовете - индекса на Sørensen. Мярка за разстояние между видовете според стойностите на функционалните им характеристики е Евклидовото разстояние.

✓ NMDS скалиране (Non-metric Multi Dimensional Scaling) – Ординационна техника, използвана за визуализация на матрицата на сходство между извадъчните единици в двумерна графика и областта, заемана от отделните съобщества.

✓ ANOSIM анализ (Analysis of similarities) – непараметричен тест за доказване на различия между съобществата, който включва изчисляване на  $R$  статистиката и пермутационен тест за определяне на стойността на  $p$  и съответно достоверността на  $R$ .

✓ SIMPER анализ (Similarity percentages) – метод за оценка на средния процент принос на отделните видове към диференциране на съобществата и сходството вътре

във всяко съобщество, основано на матрицата от стойности на Bray-Curtis.

✓ Dominance candidate Index (DCi) – Използва се като критерий за определяне на доминантните видове в дадено съобщество, на базата на относителното обилие и честотата на срещане.

✓ Коефициент на асоциация ( $\phi$ ) – извежда се от честотните таблици от вида  $2 \times 2$  и позволява да се определи степента на връзката (асоциацията) на растителните видове с определен тип съобщество.

✓ Мярка за асоциация между два вида  $mI(A,B)$  – основава се на взаимната информация, изчислена чрез ентропията и условната ентропия на две променливи. Коефициентите на тежест представляват наблюдаваните честоти в таблици  $2 \times 2$ . Чрез Монте Карло рандомизация се определя посоката и достоверността на връзката.

✓ JNP модели – основани на оценката на съвместната ентропия на случайни дискретни величини по формулата на Shannon, която служи като показател за разнообразието на видовите комбинации (CD), както и броя на реализираните видови комбинации (NRC).

✓ Общ линеен модел (GLM). Включва регресионен анализ, дисперсионен анализ (ANOVA) и др. Условия за приложение са нормално разпределение на отклоненията от модела и линейна връзка. В случай, че се изследва само един фактор е приложен обикновен линеен модел, а при няколко фактора - множествен.

✓ Обобщен линеен модел (GLZ). Разширява условията на общия линеен модел, при което се допуска разпределението на отклоненията да следва някое от експоненциалното семейство, както и нелинейност на връзката.

✓ Смесен линеен модел (LME). Отчита влиянието на независими фактори и има същите условия за нормалност на разпределението и линейна връзка, но се прилага при групирани данни.

Изчисленията са направени със специализиран софтуер: JUICE version 7.0.187, пакетите Vegan, FD и SEM в софтуерна среда R version 3.3.3, програмите PASS1B, ISA1B и SYNGEP1 на проф. Барга, PRIMER и STATISTIKA 12.0.

### **Значимост и убедителност на получените резултати, интерпретациите и изводите**

Резултатите от това изследване се основават на огромно количество данни от площадки с различна големина и трансекти, с обща площ  $903 \text{ m}^2$ . Броят на микроквadratите с размери  $0,05 \times 0,05 \text{ m}$  е общо 18 450 – 6000 от гридовете и 12 480 от трансектите. Умело планираният дизайн на изследванията и дейности на терен са

предпоставка за изпълнение на амбициозната цел. Прави впечатление внимателния подбор на методите за анализ на данните, които да разкрият в дълбочина зависимостите и тенденциите в отделните аспекти на изследване на съобществата. Детайлното и с вещина описание на всеки един метод, както и познаването на условията за тяхното приложение ми дават увереността, че получените резултати от анализите и тълкованието им от биостатистическа гледна са коректни и надеждни.

Следвайки хода на изложението на резултатите, читателят може да намери отговори на всички изследователски въпроси, които докторанта си е поставил. Интересно е проучването на ефекта на формата на пробните площи, върху най-често използвания показател за видово богатство, а именно броя на видовете. Сравнени са данните от пробни площи със съотношение на дължината към ширината 1:1, 4:1 и 16:1. Установено е, че в извадките с по-удължена форма се регистрират по-голям брой видове. Но при удължаване до съотношение 4:1 разликите са незначителни, а до 16:1 – сравнително неголеми, съответно 2% и 8% (Güler et al., 2016).

Високо оценявам приложението на методите с висока резолюция за разкриване на фината структура и моделите на пространствената асоциация между видовете, въздействието на доминантните видове върху видовото разнообразие и локалната пространствена хетерогенност. Това не може да стане на предварително определени по размер извадъчните единици. От първичните данни за микроквadratите 0,05x0,05 m разположени на трансекти, чрез компютърно генериране се създават извадки с нарастваща площ, като целта е да се намерят праговите стойности, при които се изявят зависимостите и тенденциите. При двата типа тревни съобщества се установява, че:

- Склонността за съжителство или избягване и оттам силата и посоката на пространствените връзки вътре сред доминантните и между доминантните и подчинените видове могат да се проявят при различна дължина на трансектите в диапазона от 0,05 до 1 m. Най-силно отрицателно въздействие, доказано при всички дължини до максималната е на *Festuca nigrescens* спрямо подчинените видове.
- Корелацията между относителното обилие на доминантните видове (поотделно и в комплекси) и богатството и разнообразието на подчинените видове се изявяват при дължина на трансектите над 2 m;
- Разнообразието на видовите комбинации и броят реализирани комбинации, представящи локалната хетерогенност са най-големи в 0,05x0,05m и 0,05x0,10m.

Най-значими са резултатите от интегрирания подход при сравнението на двата типа съобщества в различните екологични аспекти; моделирането на

взаимоотношенията на доминантите *Nardus stricta*, *Festuca nigrescens*, *Agrostis capillaris*, *Avenella flexuosa* и *Vaccinium* spp. и въздействието им върху съобществата; изследванията на функционалните характеристики и разнообразие на съобществата.

В заключение мога да кажа, че резултатите са с висока научна стойност, информацията е представена ясно и компетентно интерпретирана в дискуссионната част, а изводите правилно формулирани.

### **Критични бележки към дисертационния труд**

- Не е дефинирано много ясно означението на  $d_{ij}$  в индекса на RaoQ за функционално разнообразие, а именно:  $d_{ij}$  представлява Евклидовото разстояние между груповите средни на двойките видове в многомерното пространство, определено от функционалните характеристики.

- На стр. 30 е написано, че при ANOSIM анализа се генерира коефициент на сходство ( $R$ ). Това не е съвсем коректно.  $R$  статистиката се основава на разликата на средната стойност на ранга на сходство между двойките площадки вътре в едно съобществото и тази между различните съобщества.

- На стр. 40 е посочено, че общият брой установени видове в гридовете е най-малък, в сравнение с този в площадките 4x4m и трансектите. Това е факт, но е редно да се поясни, че общата площ на всички гридове е пъти по-малка от останалите извадъчни единици. Представените на табл. 3 информация за видовото богатство може да се използва само за сравнение между двата вида тревни съобщества. В действителност, би могло да се съпостави броя на регистрирани видове от трансектите и тези от площадките 4x4m, чиято площ е съизмерима. Тогава става ясно, че в трансектите се установяват повече видове, което потвърждава установената вече зависимост.

Нямам съществени забележки към дисертацията.

### **Към дисертантката имам следните въпроси:**

1. Доминантните видове са определени въз основа на средното относително обилие и относителна честота, според стойността на индекса DСi. Съгласно дефиницията на Avolio *et al.* (2019), важен елемент е пропорционалното им въздействие върху съобществото. Въз основа на получените резултати, можете ли да предложите подход за прецизиране критериите за идентификация на доминантните видове.

2. Как динамиката в пространствената асоциация между доминантите влияе на състоянието на съобществото? Каква е ролята на пасищното натоварване за тази динамика?

## **Характер на научните приноси**

Приносният характер на проведените изследвания са безспорни. Считам за принос към фитоценологичните изследвания в България въвеждането на методите на микроценологията или както би било по-удачно да се дефинира „методите с висока резолюция при екологичните изследвания на съществата“. Сама за себе си, формулировката на втория принос относно формата и големината на пробните площадки изглежда неясна, поради обяснените по-горе причини.

Научните приноси с оригинален характер и голяма научна стойност са: извеждането на закономерностите в пространствената и функционална структура на двата типа съобщества, развиващи се във високопланински пасища в Централен Балкан; изследването на функционалното разнообразие като инструмент за разкриване на тенденции в стратегиите и адаптациите на растителността в отговор на промените в пасищното натоварване; доказването на близката пространствена асоциация между *Vaccinium* spp. и *Avenella flexuosa*, както и ролята на боровинковите храстчета като фактор за ограничаване на силните конкурентни способности на туфестите житни видове *Nardus stricta* и *Festuca nigrescens*. Научен принос с потвърдителен характер е разкриването на тенденция към хомогенизация във видовия състав на растителността на ландшафтно ниво с напредване на сукцесионния процес и увеличаване на алфа-разнообразието.

## **Оценка на качеството на научните трудове**

По темата на дисертацията са представени две публикации в специализираните научни списания *Journal of vegetation science* [IF=2.924] и *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* [IF=1.525]. Първата статия (Güler *et al.*, 2016) е в съавторство с колектив, работил по проекта SIGNAL на програмата BiodivERsA. Тя се занимава с теоретични и приложни аспекти на оценката на видовото богатство, въз основа на различни подходи при извадъчното изследване. Дизайнът на полевите експерименти заслужава внимание. Той включва извадъчни единици с еднаква площ, съставени от микроквадрати, но с различна форма и компактност. Въвежда се оригинална мярка за пространствения размер на фигурата, която обхваща извадъчната единица - „spatial extents“. В резултат се установява висока корелация и линейна връзка между броя установени видове и големината на „spatial extents“. Това от една страна позволява сравнимост на резултатите, получени при други

сходни изследвания, а от друга дава методична основа за планиране на проучвания на видовото богатство на съобществата. Статията е цитирана 17 пъти в престижни списания, като Biodiversity and Conservation [IF=3.142], Ecological Indicators [IF=4.49], Ecological Informatics [IF=2.31] и др., което само по себе си говори за нивото на научното изследване и значимостта на проблема.

В статията на Terziyska *et al.* (2019) е представено описание на двете съобщества, обект на дисертационния труд, тяхното видово и функционално разнообразие. Направено е сравнение и са дискутирани причините за различията между тях, с акцент върху функционалните характеристики. Вярвам, че статията ще предизвика интерес в научната общност.

Докторантката е взела лично участие в три международни научни конференции с докладване на резултати от дисертацията, в които тя е първи автор. Напълно съм убедена, че изследванията по дисертацията са предимно лично дело, планирането и провеждането на теренната работа, анализа и интерпретацията на резултатите.

## **Заклучение**

Дисертационният труд на Цветелина Станкева Терзийска представлява първото комплексно екологично изследване на два вида високопланински тревни съобщества, тяхното видово и функционално разнообразие. За първи път в България са приложени методи с висока резолюция, чрез които се разкриват сложните модели на пространствена асоциация между видовете, въздействието на доминантните видове върху съобществата и вариацията във видовия състав и пространствената структура.

Процедурно са спазени всички изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за прилагането му, както и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при БАН.

В заключение, давам висока оценка и убедено препоръчвам на Научното жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ по направление 4.3. Биологически науки и научна специалност "Екология и опазване на екосистемите" на Цветелина Станкева Терзийска.

30.01.2020 г.

Рецензент: .....



(доц.д-р Елена Ташева)